

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐIỆN ĐIỆN TỬ



# BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN

Học phần: Đo lường điện tử

Đề tài: Đo khoảng cách và góc bao phủ  
sử dụng cảm biến SC-HR04

Đinh Quốc An	20210003
Tô Việt Hoàng	20213705
Lương Ngọc Phương	20213725

Chuyên ngành: Hệ thống nhúng thông minh & IoT

Giảng viên hướng dẫn: Cô Nguyễn Thúy Anh



# Mục lục

<b>Lời mở đầu</b>	<b>5</b>
<b>1 Giới thiệu &amp; Phân tích đề tài</b>	<b>6</b>
1.1 Giới thiệu . . . . .	6
1.2 Phân tích đề tài . . . . .	7
<b>2 Chỉ tiêu kĩ thuật</b>	<b>9</b>
2.1 Chỉ tiêu chức năng . . . . .	9
2.2 Chỉ tiêu phi chức năng . . . . .	9
2.3 Sơ đồ khối . . . . .	9
<b>3 Thiết kế sản phẩm</b>	<b>10</b>
3.1 Linh kiện sử dụng . . . . .	10
3.1.1 Kit Arduino UNO R3 . . . . .	10
3.1.2 Cảm biến siêu âm HC-SR04 . . . . .	13
3.1.3 Công tắc gạt SS12D07VG5 . . . . .	14
3.1.4 Còi báo hiệu . . . . .	15
3.1.5 Đèn LED . . . . .	16
3.1.6 Pin Lithium 18650 . . . . .	16
3.2 Sơ đồ nguyên lý . . . . .	18
3.3 Xử lý sản phẩm . . . . .	18
<b>4 Đo đạc và xử lý số liệu</b>	<b>21</b>
4.1 Dụng cụ đo và môi trường đo . . . . .	21
4.1.1 Xác định thang đo . . . . .	21
4.1.2 Xác định môi trường đo . . . . .	21
4.2 Phương pháp đo . . . . .	22
4.3 Tiến hành đo kiểm . . . . .	23
<b>5 Kết luận</b>	<b>30</b>
<b>Tài liệu tham khảo</b>	<b>31</b>

## Danh mục hình ảnh

- Hình 1: Cảm biến siêu âm phát hiện vật cản
- Hình 2: Không gian bao phủ của sóng siêu âm
- Hình 3: Sơ đồ khối
- Hình 4: Arduino UNO R3
- Hình 5: Sơ đồ chân Arduino UNO R3
- Hình 6: Cảm biến siêu âm HC-SR04
- Hình 7: Sơ đồ chân cảm biến siêu âm HC-SR04
- Hình 8: Công tắc gạt SS12D07VG5
- Hình 9: Còi báo hiệu
- Hình 10: Đèn LED
- Hình 11: Pin 18650
- Hình 12: Nguồn 7.4V
- Hình 13: Sơ đồ nguyên lý
- Hình 14: Tấm formex bọc mạch điện
- Hình 15: Giấy màu trang trí
- Hình 16: Hình ảnh sản phẩm
- Hình 17: Hình ảnh dụng cụ đo
- Hình 18: Hình ảnh đo tại môi trường 1
- Hình 18: Hình ảnh đo tại môi trường 2
- Hình 20: Hình ảnh đo tại môi trường 3

## Lời mở đầu

Do khoảng cách bằng cảm biến siêu âm là một phương pháp phổ biến để đo lường khoảng cách giữa các vật thể. Cảm biến siêu âm hoạt động bằng cách phát ra sóng siêu âm và đo thời gian mà sóng này mất để đi từ cảm biến đến vật thể và quay trở lại. Dựa trên thời gian này, khoảng cách có thể được tính toán dựa trên tốc độ lan truyền của âm thanh trong môi trường.

Tuy nhiên, nhiệt độ và áp suất môi trường có thể ảnh hưởng đến hiệu suất của cảm biến siêu âm. Thay đổi nhiệt độ có thể làm thay đổi tốc độ lan truyền âm thanh trong môi trường đo, gây sai số trong việc tính toán khoảng cách. Áp suất môi trường cũng có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của cảm biến, vì áp suất khác nhau có thể làm biến đổi đặc tính lan truyền sóng âm.

Vì vậy, trong báo cáo lần này, nhóm chúng em sẽ tiến hành đo đặc mức độ ảnh hưởng của môi trường đến khả năng hoạt động chính xác của cảm biến siêu âm dựa trên việc đo hai thông số chính là khoảng cách và góc lệch tối đa của sóng siêu âm trong các môi trường khác nhau. Nhóm sẽ xây dựng môi trường đo, sử dụng Arduino lập trình và thiết kế mạch sử dụng cảm biến siêu âm để đo khoảng cách và góc lệch tối đa, xử lý kết quả và đánh giá sai số.

Bài báo cáo của chúng em bao gồm chi tiết sản phẩm và xử lý số liệu, cuối cùng là một vài kết luận về quá trình và kết quả thu được.

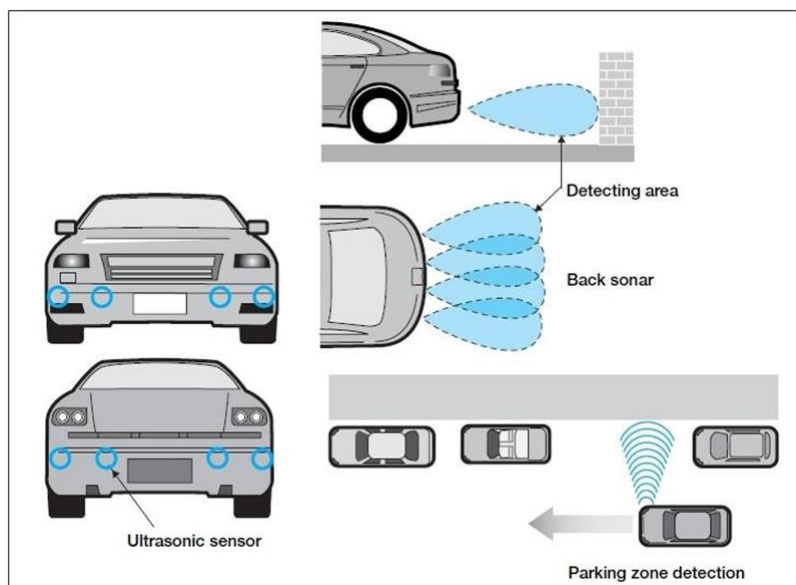
# 1 Giới thiệu & Phân tích đề tài

## 1.1 Giới thiệu

Trong thời đại hiện nay, sự cần thiết của các thiết bị cảm biến vật cản trở nên ngày càng quan trọng do sự gia tăng của các ứng dụng tự động hóa và robot hóa trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Các cảm biến vật cản, như cảm biến siêu âm HC-SR04, không chỉ là một phần quan trọng trong việc phát triển công nghệ mà còn chính là chìa khóa mở cửa cho sự tăng cường an toàn, hiệu suất và độ linh hoạt trong các hệ thống tự động.

Trong lĩnh vực xe tự động, các cảm biến vật cản giúp xe nhận biết và tránh những tình huống nguy hiểm, giảm nguy cơ tai nạn và tăng khả năng ứng phó với môi trường đường sá đa dạng. Trong sản xuất công nghiệp, robot sử dụng cảm biến để di chuyển an toàn trong không gian chia sẻ với con người, tối ưu hóa quá trình sản xuất và giảm nguy cơ va chạm không mong muốn.

Ngoài ra, các cảm biến vật cản cũng đóng vai trò quan trọng trong các ứng dụng gia đình, như robot hút bụi thông minh hoặc drone giám sát. Chúng giúp các thiết bị tự động này di chuyển một cách an toàn và hiệu quả trong môi trường không gian hạn chế, tránh được các vật thể không mong muốn.



Hình 1: Cảm biến siêu âm phát hiện vật cản

Tính năng tự động hóa và robot hóa không chỉ mang lại sự thuận tiện mà còn mở ra những cơ hội mới trong nhiều lĩnh vực. Việc tích hợp các thiết bị cảm biến vật cản không chỉ là một bước tiến quan trọng trong việc đảm bảo an toàn mà còn đặt ra những tiêu chuẩn mới về khả năng kiểm soát và tương tác an toàn giữa máy và con người. Trong tương lai, sự phổ biến và tiếp tục phát triển của các thiết bị cảm biến vật cản sẽ góp phần tạo nên một môi trường làm việc và sống an toàn, hiệu quả và thông minh.

Tuy nhiên, bất kỳ một loại thiết bị cảm biến công nghiệp nào cũng đều có ưu điểm và nhược điểm khác nhau. Và cảm biến siêu âm cũng vậy.

### ***Ưu điểm của cảm biến sóng siêu âm:***

- Sử dụng sóng siêu âm nên có thể đo khoảng cách mà không cần tiếp xúc với vật chất cần đo. Vì thế, cảm biến siêu âm thường được dùng để đo mức chất lỏng có độ ăn mòn cao như acid hoặc xăng, dầu,...
- Sóng siêu âm là một loại âm thanh có tần số cao nên độ nhạy của cảm biến rất cao, thời gian đáp ứng nhanh.
- Độ chính xác của cảm biến siêu âm gần như là tuyệt đối, sai số trung bình khoảng 0.15% đối với khoảng cách 2m trở lại.

### ***Nhược điểm của cảm biến sóng siêu âm:***

- Cảm biến siêu âm chịu ảnh hưởng nhiều bởi nhiệt độ và áp suất. Vì thế nó chỉ hoạt động tốt nhất ở môi trường có nhiệt độ từ 60 độ C trở xuống và áp suất khoảng 1 bar trở lại.
- Các loại cảm biến siêu âm đo mức chất lỏng có chi phí đầu tư ban đầu là khá cao so với các loại cảm biến đo mức chất lỏng khác.
- Một nhược điểm khác là cảm biến siêu âm rất dễ bị nhiễu tín hiệu nên khi lắp đặt, bạn cần phải lắp theo đúng hướng dẫn của nhà sản xuất.

Với sự cần thiết trong thực tế cũng như tính phổ biến của các thiết bị cảm biến siêu âm, cần thiết phải xem xét đến tính chính xác mà tính ổn định của loại cảm biến này trong nhiều môi trường vì vậy nhóm em quyết định thực hiện đề tài “Đo khoảng cách và góc bao phủ sử dụng cảm biến SC-HR04”

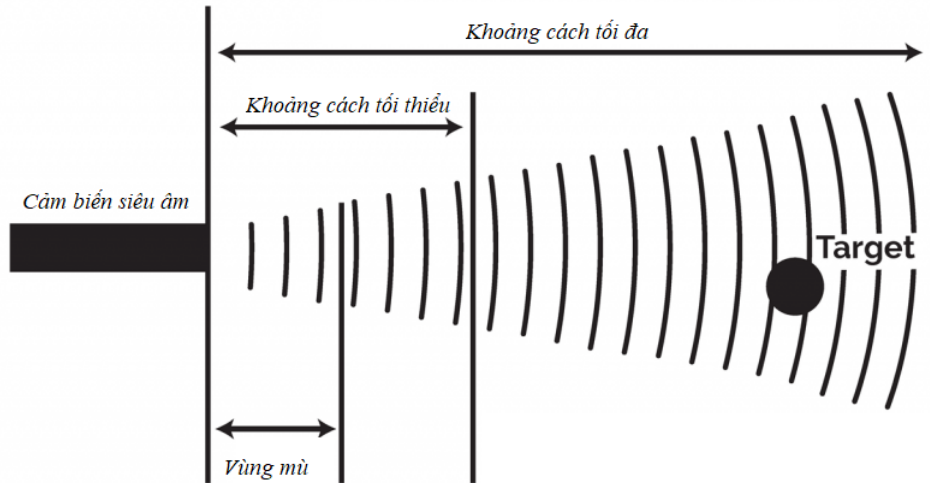
Dưới sự hướng dẫn của cô Nguyễn Thúy Anh cùng với những kiến thức được học trong môn học ET2082 – Đo lường điện tử, nhóm em đã hoàn thành được báo cáo cho bài tập lớn này và qua đây em cũng muốn gửi lời cảm ơn tới cô vì sự nhiệt tình và hết lòng vì chúng em của mình, thông qua những bài giảng và lời khuyên chân thành của cô đã giúp chúng em trưởng thành hơn và mang đến cho chúng em nhiều kiến thức bổ ích cho trạng đường phát triển trong tương lai của chúng em. Trong quá trình thực hiện đề tài việc mắc lỗi và thiếu sự chú ý là không thể tránh khỏi vì vậy chúng em mong nhận được những lời góp ý từ cô để nhóm có thể cải tiến và hoàn thiện đề tài.

## **1.2 Phân tích đề tài**

Nhóm xác định 2 đại lượng cần đo là: Khoảng cách và góc bao phủ

- Đo khoảng cách:
  - Nguyên lý hoạt động: Cảm biến siêu âm HC-SR04 sử dụng sóng siêu âm để phát và nhận sóng từ đối tượng, từ đó đo khoảng cách dựa trên thời gian mà sóng đi và trở lại.
  - Cách đo khoảng cách: Gồm các bước như phát sóng siêu âm, đo thời gian sóng trở lại, và sử dụng công thức vận tốc sóng để tính khoảng cách.
- Đo góc bao phủ:

- Định nghĩa góc bao phủ: Đây là phạm vi mà cảm biến có thể "nhìn thấy" hoặc đo được từ vị trí của nó. Đối với cảm biến siêu âm, góc bao phủ có thể được xác định từ hướng mà sóng siêu âm có thể phát ra và nhận lại.
- Cách xác định góc bao phủ: Tùy thuộc vào thiết kế cụ thể của cảm biến và hướng dẫn sử dụng, việc xác định góc bao phủ có thể đòi hỏi việc thử nghiệm hoặc tính toán từ thông số kỹ thuật cụ thể của cảm biến.



Hình 2: Không gian bao phủ của sóng siêu âm

Để tiến hành đo, trước tiên nhóm sẽ thiết kế một thiết bị phát hiện vật cản sử dụng cảm biến siêu âm HC-SR04 được lập trình điều khiển bằng Arduino. Khi cảm biến phát hiện vật cản, thiết bị sẽ phát ra các tín hiệu cảnh báo như là tiếng bíp từ còi hoặc phát sáng LED. Vị trí của vật cản sẽ được đánh dấu lại để nhóm tiến hành xác định khoảng cách và góc trong các môi trường khác nhau, xử lý số liệu và so sánh kết quả đo được với thông số kỹ thuật của cảm biến.

Chi tiết về quá trình chọn linh kiện, thiết kế sản phẩm cũng như các phương pháp đo và quá trình đo sẽ được trình bày ở các chương tiếp theo.



## 2 Chỉ tiêu kĩ thuật

### 2.1 Chỉ tiêu chức năng

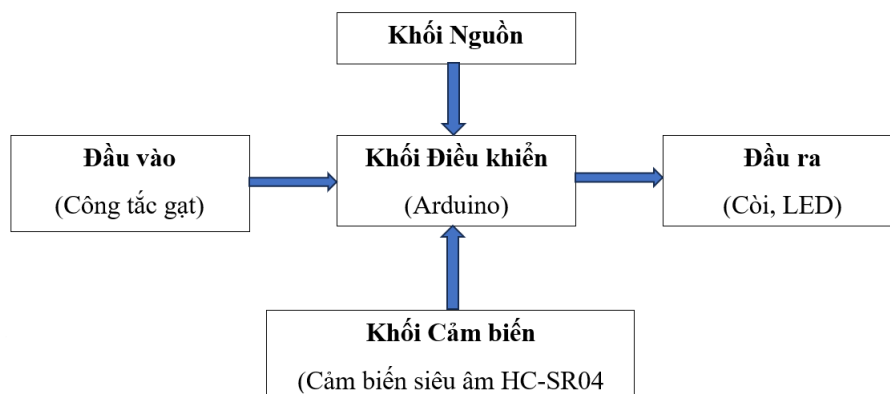
- Nguồn: 7-10V
- Đầu vào: 2 công tắc gạt để điều khiển chế độ đo của mạch
- Đầu ra: Mạch sử dụng còi và led làm tín hiệu cảnh báo khi xuất hiện vật cản trong vùng hoạt động của cảm biến siêu âm đo khoảng cách và góc bao phủ.
- Mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra:

Công tắc 1	Công tắc 2	Hoạt động đầu ra
1	1	Còi và đèn LED không hoạt động.
0	1	Khi khoảng cách tới vật cản là 25 cm và vật cản nằm trong góc bao phủ, còi và LED hoạt động.
1	0	Khi khoảng cách tới vật cản là 50 cm và vật cản nằm trong góc bao phủ, còi và LED hoạt động.
0	0	Khi khoảng cách tới vật cản là 75 cm và vật cản nằm trong góc bao phủ, còi và LED hoạt động.

### 2.2 Chỉ tiêu phi chức năng

- Giá thành rẻ, dễ dàng sử dụng, phù hợp với việc thực hành của sinh viên.
- Kích thước sản phẩm: Dài 10 cm - Rộng 10 cm - Cao 10 cm
- Màu sắc chủ đạo: Vàng – Xanh lá cây

### 2.3 Sơ đồ khối



Hình 3: Sơ đồ khối

## 3 Thiết kế sản phẩm

### 3.1 Linh kiện sử dụng

Linh kiện	Số lượng
Arduino Uno R3	1
Cảm biến siêu âm HC-SR04	1
Công tắc gạt	3
Còi báo hiệu	1
Đèn LED	1
Pin Lithium 86450 4.7V	2

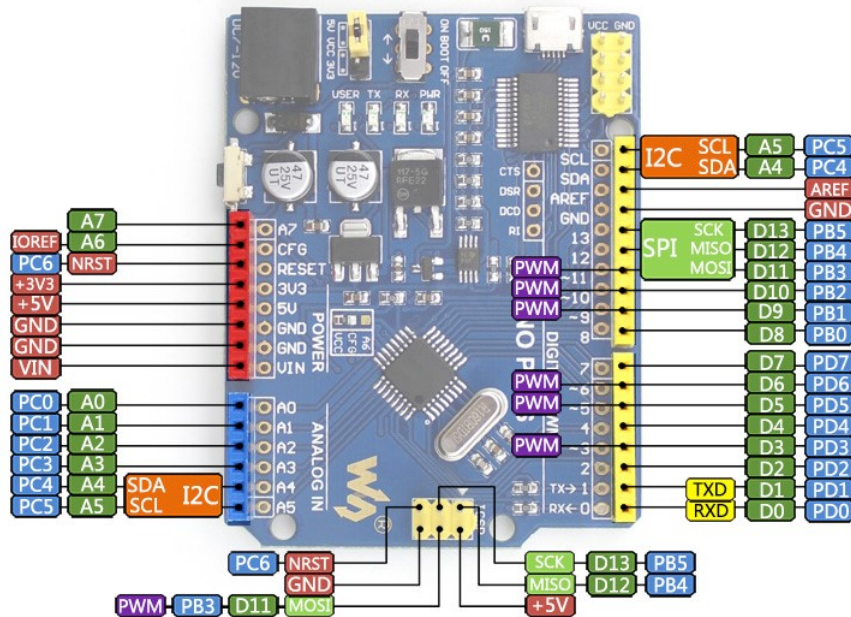
#### 3.1.1 Kit Arduino UNO R3



Hình 4: Arduino UNO R3

- Thông tin cơ bản:
  - Arduino là một board mạch vi điều khiển được phát triển bởi Arduino.cc, một nền tảng điện tử mã nguồn mở chủ yếu dựa trên vi điều khiển AVR Atmega328P.
  - Arduino UNO là dòng Arduino được sử dụng phổ biến, có thiết kế nhỏ gọn, dễ sử dụng để lập trình và thiết kế các tác vụ điện tử từ cơ bản đến phức tạp. Hiện dòng mạch này đã phát triển tới thế hệ thứ ba (R3) – Arduino UNO R3.
- Thông số kỹ thuật của Arduino UNO R3:
  - Vi điều khiển: ATmega328 (họ 8 bit)
  - Điện áp hoạt động:  $5V_{DC}$
  - Điện áp khuyến dùng: 7 - 12  $V_{DC}$
  - Điện áp giới hạn: 6 - 20  $V_{DC}$
  - Tần số hoạt động: 16MHz
  - Dòng tiêu thụ: 30mA
  - Số chân Digital I/O: 14 chân (6 chân PWM)
  - Số chân analog: 6 chân (độ phân giải 10 bit)
  - Dòng tối đa trên mỗi chân I/O: 30mA
  - Dòng ra tối đa (5V): 500mA

- Dòng ra tối đa (3.3V): 50mA
- Kích thước: 75x55x15mm.
- Sơ đồ chân:



Hình 5: Sơ đồ chân Arduino UNO R3

- Lưu ý và ứng dụng:
  - Khi cung cấp năng lượng cho Arduino UNO R3: Arduino UNO có thể được cấp nguồn 5V thông qua cổng USB hoặc cấp nguồn ngoài vào chân Vin của board với điện áp khuyến dùng là 7-12V<sub>DC</sub> và giới hạn là 6-20V.
  - Khi sử dụng các chân Digital hoặc Analog của Arduino:
    - \* Không cấp nguồn lớn hơn 5V cho bất cứ chân I/O nào;
    - \* Dòng sử dụng trên pin I/O tối đa 40mA, khuyến cáo sử dụng ở 20mA;
    - \* Tổng cường độ dòng điện cấp cho các I/O pin tối đa là 200mA;
    - \* Ở mỗi chân digital đều có các điện trở pull-up từ được cài đặt ngay trong vi điều khiển ATmega328
  - Để lập trình cũng như gửi lệnh và nhận tín hiệu từ mạch Arduino, nhóm phát triển dự án này đã cung cấp đến cho người dùng một môi trường lập trình Arduino được gọi là Arduino IDE (Integrated Development Environment)
- Lập trình với Arduino IDE:
  - Bước 1:** Định nghĩa các chân kết nối
  - Bước 2:** Xác định các tín hiệu đầu vào và đầu ra của mạch
  - Bước 3:** Khởi tạo vòng lặp đọc tín hiệu từ các chân đầu vào, xử lý, đo thời gian và tính toán khoảng cách, phát tín hiệu cảnh báo khi phát hiện vật cản nằm trong vùng đo.

## Chương trình chạy trên Arduino

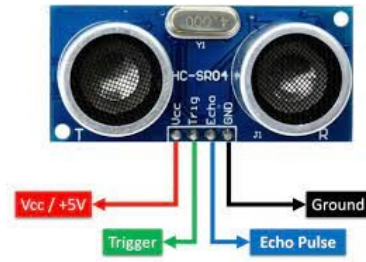
```
1 #define trigPin 13
2 #define echoPin 12
3 #define buzzer 6
4 #define led 5
5 #define switch_1 8
6 #define switch_2 7
7
8 void setup() {
9     pinMode(trigPin, OUTPUT);
10    pinMode(echoPin, INPUT);
11    pinMode(switch_1, INPUT);
12    pinMode(switch_2, INPUT);
13    pinMode(buzzer, OUTPUT);
14    pinMode(led, OUTPUT);
15 }
16
17 void loop() {
18     long duration, distance, dis;
19     bool write_enable;
20     digitalWrite(trigPin, LOW);
21     delayMicroseconds(2);
22     digitalWrite(trigPin, HIGH);
23     delayMicroseconds(10);
24     digitalWrite(trigPin, LOW);
25     duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
26     // thời gian từ phát đến lúc nhận, LOW hoặc HIGH
27     distance = (duration/2) / 28.02;
28     dis = 25;
29     if (digitalRead(switch_1) == 0 && digitalRead(switch_2)
        == 1) {dis = 25; write_enable = 1;}
30     else if (digitalRead(switch_1) == 1 &&
        digitalRead(switch_2) == 0 ) {dis = 50; write_enable
        = 1;}
31     else if (digitalRead(switch_1) == 0 &&
        digitalRead(switch_2) == 0 ) {dis = 75; write_enable
        = 1;}
32     else write_enable = 0;
33     if(write_enable == 1){
34         if (distance < dis) {// Checking the distance, you can
            change the value
35             digitalWrite(buzzer, HIGH);
36             digitalWrite(led, HIGH);
37         }
38         else {
39             digitalWrite(buzzer, LOW);
40             digitalWrite(led, LOW);
41         }
42     }
```

### 3.1.2 Cảm biến siêu âm HC-SR04



Hình 6: Cảm biến siêu âm HC-SR04

- Thông tin cơ bản:
  - HC-SR04 là cảm biến siêu âm chủ yếu được sử dụng để xác định khoảng cách của đối tượng mục tiêu bằng công nghệ không tiếp xúc, tức là không có tiếp xúc vật lý giữa cảm biến và vật thể.
  - Cảm biến HC-SR04 là module 4 chân, có tên chân tương ứng là Vcc, Trigger, Echo và Ground. Module có hai mắt ở phía trước tạo thành bộ phát siêu âm và bộ thu: bộ phát chuyển đổi tín hiệu điện thành sóng siêu âm, còn bộ thu chuyển đổi tín hiệu siêu âm đó trở lại thành tín hiệu điện.
  - Cách hoạt động: Bộ phát sóng siêu âm truyền một sóng siêu âm, sóng này truyền trong không khí và khi nó bị bất kỳ vật liệu nào cản trở nó sẽ bị phản xạ trở lại cảm biến, sóng phản xạ này được quan sát bởi module bộ thu siêu âm. Để tính khoảng cách tới vật cản, cần biết tốc độ truyền sóng (thường là 340 m/s trong điều kiện phòng) và thời gian (mạch điện tích hợp sẵn trên module sẽ tính toán thời gian cần thiết để sóng siêu âm quay trở lại và bật chân echo ở mức cao): **Khoảng cách = Tốc độ × Thời gian**
- Thông số kỹ thuật của cảm biến siêu âm HC-SR04:
  - Điện áp hoạt động: + 5V
  - Khoảng cách đo lý thuyết: 2cm đến 450cm
  - Khoảng cách đo thực tế: 2cm đến 80cm
  - Độ chính xác: 3mm
  - Góc đo được bao phủ:  $<15^\circ$
  - Dòng điện hoạt động:  $<15\text{mA}$
  - Tần số hoạt động: 40Hz
- Sơ đồ chân:



Hình 7: Sơ đồ chân cảm biến siêu âm HC-SR04

Tên chân	Mô tả
VCC	Chân VCC cấp nguồn cho cảm biến, thường là + 5V.
Trigger	Chân trigger là chân đầu vào. Chân này phải được giữ ở mức cao trong 10us để khởi tạo phép đo bằng cách gửi sóng siêu âm.
Echo	Chân Echo là chân đầu ra. Chân này tăng cao trong một khoảng thời gian bằng với thời gian để sóng siêu âm quay trở lại cảm biến.
Ground	Chân này được nối đất.

- Lưu ý và ứng dụng:
  - Cảm biến khoảng cách HC-SR04 được sử dụng với vi điều khiển Arduino trong bài tập lớn của nhóm
  - Cấp nguồn cho cảm biến bằng cách sử dụng nguồn + 5V được điều chỉnh thông qua các chân nối đất và Vcc của cảm biến.
  - Dòng điện được tiêu thụ bởi cảm biến nhỏ hơn 15mA và do đó có thể được cấp nguồn trực tiếp bằng các chân 5V trên bo mạch (nếu có).
  - Các chân Trigger và Echo đều là các chân I / O và do đó có thể được kết nối với các chân I / O của vi điều khiển.
  - Để bắt đầu đo, chân trigger phải được đặt ở mức cao 10uS và sau đó tắt. Hoạt động này sẽ kích hoạt một sóng siêu âm ở tần số 40Hz từ bộ phát và bộ thu sẽ đợi sóng quay trở lại. Khi sóng được trả lại sau khi nó bị phản xạ bởi bất kỳ đối tượng nào, chân Echo sẽ tăng cao trong một khoảng thời gian cụ thể bằng với thời gian cần thiết để sóng quay trở lại cảm biến.

### 3.1.3 Công tắc gạt SS12D07VG5



Hình 8: Công tắc gạt SS12D07VG5

- Thông tin cơ bản:

- Công tắc gạt thường được sử dụng trong các mạch điện tử, các thiết bị cần đóng cắt với trạng thái ON hoặc OFF.
- Là loại công tắc nhỏ gọn, độ bền cao
- Đầu công tắc có sẵn vít vặn để cố định công tắc với vỏ sản phẩm
- Thông số kỹ thuật của công tắc gạt SS12D07VG5:
  - Số chân: 5 chân (2 chân nối vỏ, 2 chân VCC và GND, 1 chân nối với đầu vào tín hiệu)
  - Chất liệu: Nhựa và kim loại
  - Loại: Công tắc gạt
- Lưu ý và ứng dụng: Sử dụng các công tắc gạt để điều khiển các chế độ hoạt động khác nhau của mạch đo khoảng cách và góc sử dụng cảm biến siêu âm.

#### 3.1.4 Còi báo hiệu



Hình 9: Còi báo hiệu

- Thông tin cơ bản: Còi Buzzer 5V<sub>DC</sub> có tuổi thọ cao, hiệu suất ổn định, chất lượng tốt, được sản xuất nhỏ gọn phù hợp thiết kế với các mạch còi buzzer nhỏ gọn, mạch báo động.
- Thông số kỹ thuật của còi báo hiệu:
  - Nguồn: 3.5V - 5.5V
  - Dòng điện tiêu thụ: <25mA
  - Tần số cộng hưởng: 2300Hz  $\pm$  500Hz
  - Biên độ âm thanh: >80 dB
  - Nhiệt độ hoạt động: -20°C đến 70°C
  - Kích thước: Đường kính 12mm, cao 9.7mm
- Lưu ý và ứng dụng: Sử dụng còi để tạo ra tiếng bíp khi có vật cản lại gần.

### 3.1.5 Đèn LED



Hình 10: Đèn LED

- Thông tin cơ bản: LED siêu sáng đơn 5mm - là bóng LED có đường kính bóng 5mm, được sử dụng phổ biến trong điện tử cũng như trong trang trí.
- Thông số kỹ thuật của đèn LED:
  - Điện áp hoạt động ở mức: 1.8V - 3V;
  - Dòng điện: 10mA - 20mA
  - Số lượng: 10 bóng/gói
  - Loại LED: LED đục, LED siêu sáng
  - Màu sắc: GREEN (màu xanh lá cây)
  - Đường kính: 5mm
- Lưu ý và ứng dụng: Sử dụng LED làm tín hiệu cảnh báo đầu ra khi có vật cản lại gần

### 3.1.6 Pin Lithium 18650



Hình 11: Pin 18650

- Thông tin cơ bản:
  - Pin 18650 về bản chất là loại pin Lithium-Ion (Li-Ion), là bước đột phá cho các sản phẩm cầm tay như máy ảnh, máy cắt, máy khoan cầm tay, pin điện thoại, đèn pin, quạt cầm tay,..
  - Pin có hiệu suất ổn định, tuổi thọ dài. Pin chính hãng có khả năng chống cháy nổ, hiệu suất an toàn cao, chịu được nhiệt độ cao, hiệu suất tốt, chống quá tải. pin có thời gian sử dụng lâu, tuổi thọ cao, có thể sạc lại khi pin đã cạn giúp tiết kiệm được chi phí và thời gian.

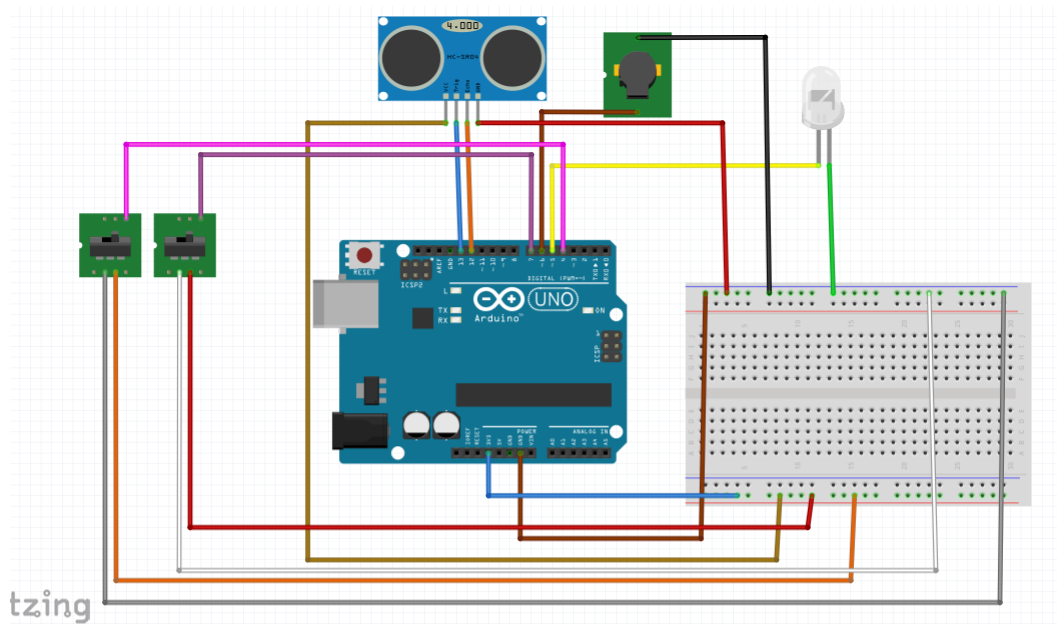


- Thông số kỹ thuật của Pin 18650:
  - Loại pin: Lithium
  - Kích thước: 18650 - 6.5cm x 1.8cm
  - Điện áp hoạt động : 3.7V
  - Điện áp trung bình: 3.6V
  - Điện áp sạc : 4,5V
  - Điện áp sạc đầy : 4.2V
  - Điện áp ngắt nạp: 2.5V
  - Nội trở pin: 20 $\Omega$
  - Dòng xả: 15mA
- Lưu ý và ứng dụng:
  - Pin 18650 khi đầy có điện áp từ 3.7-4.2V, khi điện áp yếu có điện áp từ 3V trở xuống.
  - Các pin 18650 có thể được kết hợp với nhau để tạo ra các cấp điện áp khác nhau nên có thể sử dụng 2 pin 18650 mắc nối tiếp để cấp nguồn ngoài vào chân  $V_{in}$  của Arduino để mạch hoạt động.



Hình 12: Nguồn 7.4V

### 3.2 Sơ đồ nguyên lý



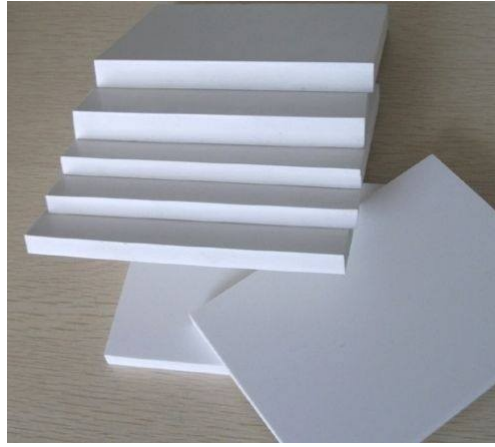
Hình 13: Sơ đồ nguyên lý

Giải thích sơ đồ kết nối chân và hoạt động của mạch: Về cơ bản thì mạch hoạt động trên code của Arduino. Mạch được cấp nguồn 7- 9V vào chân  $V_{in}$  hoặc từ cổng USB của Arduino. Công tắc điều khiển chế độ đo khoảng cách phát hiện vật cản được kết nối vào chân 4 và chân 7 của Arduino. Đầu ra LED và còi được kết nối vào chân 5, 6 tương ứng. Đối với cảm biến siêu âm HC-SR04: chân Trigger phát sóng siêu âm và chân Echo thu sóng phản xạ lần lượt được kết nối với chân 13, 12 của board điều khiển.

Để bắt đầu đo, chân Trigger phải được đặt ở mức cao  $10\mu S$  và sau đó tắt. Hoạt động này sẽ kích hoạt một sóng siêu âm ở tần số 40Hz từ bộ phát và bộ thu sẽ đợi sóng quay trở lại. Khi sóng được trả lại sau khi nó bị phản xạ bởi bất kỳ đối tượng nào, chân Echo sẽ tăng cao trong một khoảng thời gian cụ thể bằng với thời gian cần thiết để sóng quay trở lại cảm biến. Arduino sẽ thực hiện tính toán và phụ thuộc vào chế độ của công tắc mà mạch sẽ phát tín hiệu cảnh báo khi phát hiện vật cản ở các khoảng cách 25 cm, 50 cm, 75 cm. Dựa vào tín hiệu cảnh báo, nhóm sẽ đo vị trí phát hiện vật cản và góc bao phủ, kiểm tra hoạt động của cảm biến siêu âm HC-SR04 và so sánh với các thông số kỹ thuật của cảm biến.

### 3.3 Xử lý sản phẩm

- Sản phẩm sử dụng 1 tấm bọc formex để bọc mạch điện, cắt thành các góc để tạo thành hình hộp chữ nhật.

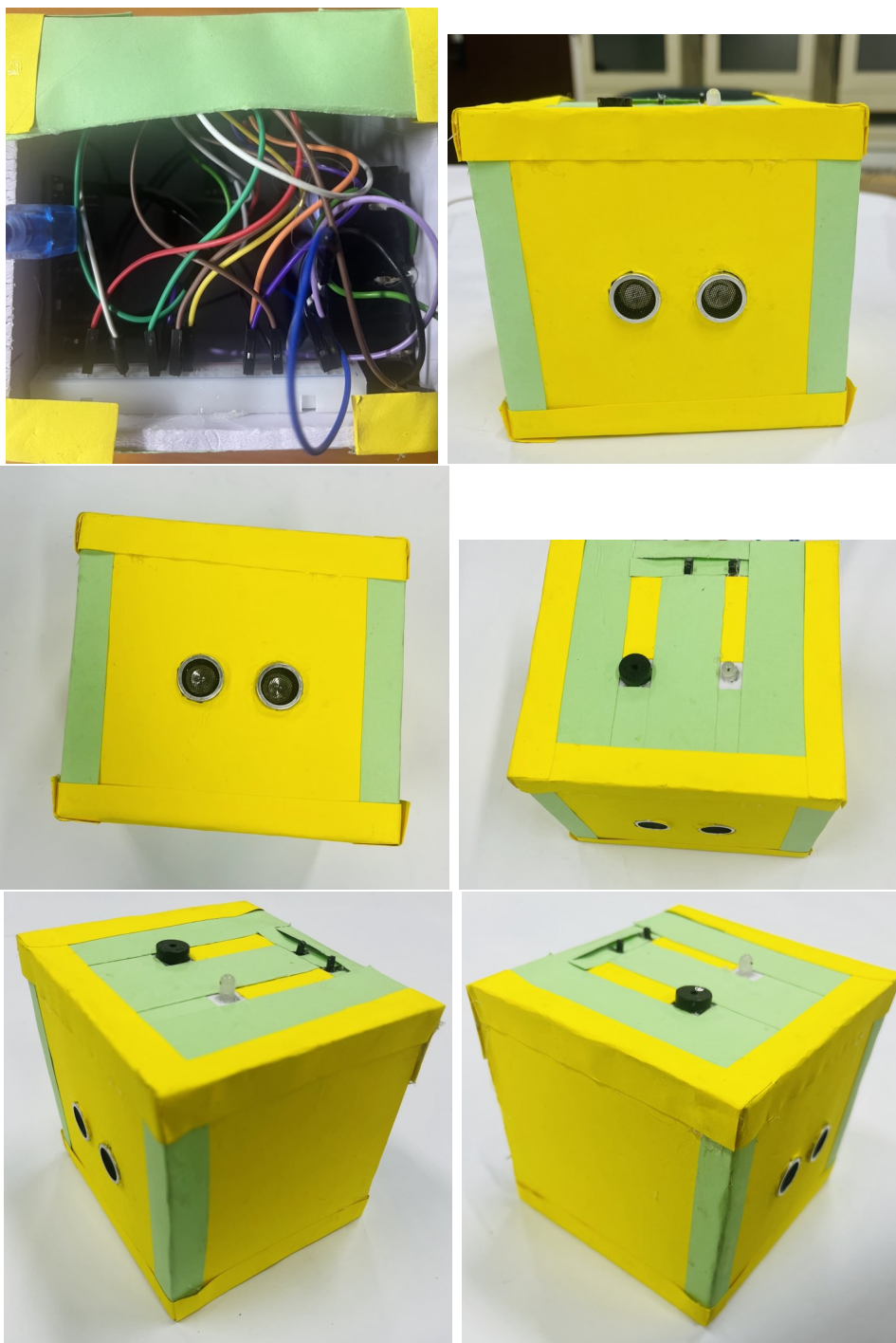


Hình 14: Tấm formex bọc mạch điện

- Sử dụng giấy dán màu sắc, trang trí chiếc hộp sản phẩm.



Hình 15: Giấy màu trang trí



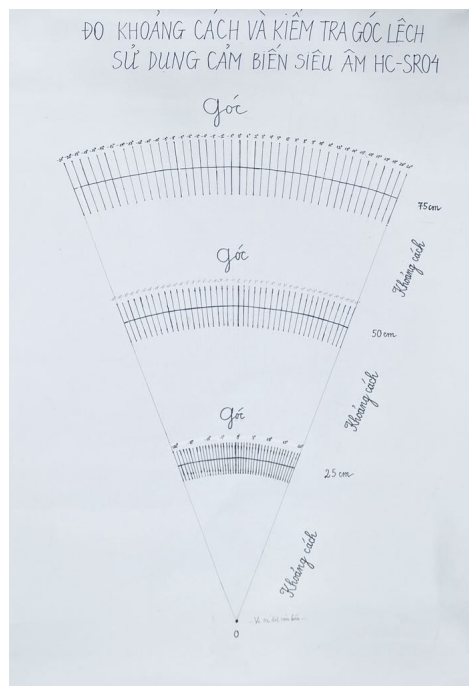
Hình 16: Hình ảnh sản phẩm

## 4 Đo đạc và xử lý số liệu

### 4.1 Dụng cụ đo và môi trường đo

#### 4.1.1 Xác định thang đo

- Yêu cầu dụng cụ đo:
  - Thang đo khoảng cách có chiều dài 80 cm, độ chia nhỏ nhất 0.1 cm.
  - Thang đo góc có góc quét từ  $-21^\circ$  đến  $21^\circ$ , độ chia nhỏ nhất  $1^\circ$ .
- Chế tạo dụng cụ đo
  - Vật liệu: Giấy trắng A0
  - Khoảng cách: Vẽ đường thẳng dài 80 cm tính từ gốc, chia đường thẳng tạo thành dụng cụ đo đường thẳng với độ chia nhỏ nhất 0.1cm
  - Góc: Từ gốc vẽ góc quét từ  $-21^\circ$  đến  $21^\circ$  chia góc quét thành 50 phần bằng nhau tạo ra dụng cụ đo góc với độ chia nhỏ nhất  $1^\circ$ .
  - Vẽ cung tròn tâm ở gốc, bán kính bằng khoảng cách cần đo để xác định góc lớn nhất mà cảm biến có thể nhận diện tại khoảng cách cần đo.
- Hình ảnh dụng cụ đo:



Hình 17: Hình ảnh dụng cụ đo

#### 4.1.2 Xác định môi trường đo

- Môi trường 1: Trong phòng, nhiệt độ 23 độ, độ ẩm 60%
- Môi trường 2: Ngoài trời, nhiệt độ 19 độ, độ ẩm 81%
- Môi trường 3: Trong phòng (Sử dụng máy sưởi nhiệt độ), nhiệt độ 33 độ, độ ẩm 40%

## 4.2 Phương pháp đo

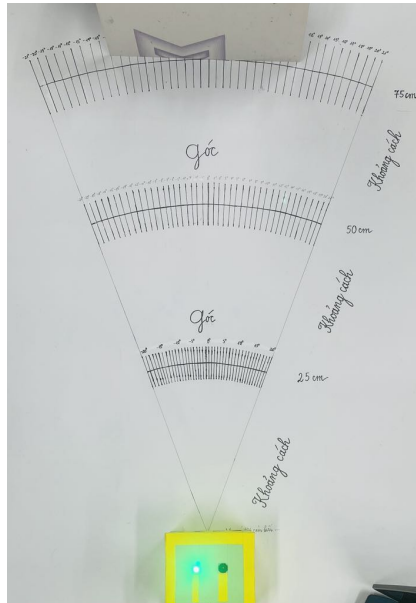
- Đo góc và khoảng cách nhận diện vật cản tại 3 môi trường được xác định ở phần trên.
- Trong mỗi môi trường tiến hành đo với 3 khoảng cách 25cm, 50cm, 75cm.
  - Sử dụng một đối tượng mẫu có kích thước chính xác để đo khoảng cách.
  - Di chuyển đối tượng mẫu từ cảm biến và ghi lại dữ liệu khoảng cách được đo.
  - Lặp lại quá trình trên với nhiều khoảng cách khác nhau để xác định độ chi nhỏ nhất của cảm biến.
- Xác định góc lớn nhất mà tại đó cảm biến có thể nhận diện được vật với tường khoảng cách trong mỗi môi trường xác định.
  - Sử dụng một đối tượng mẫu có góc cạnh chính xác để đo góc phát hiện.
  - Di chuyển đối tượng dọc theo cung tròn có bán kính bằng khoảng cách cần đo, ghi lại dữ liệu số đo góc lớn nhất mà cảm biến nhận diện được vật mẫu.
  - Lặp lại quá trình trên với nhiều góc khác nhau để xác định góc nhỏ nhất có thể đo được bởi cảm biến.

### 4.3 Tiến hành đo kiểm

Dữ liệu đo đặc là thông số khoảng cách và góc. Chính vì vậy chúng em đã thực hiện 29 lần đo tại mỗi khoảng cách trong từng môi trường xác định:

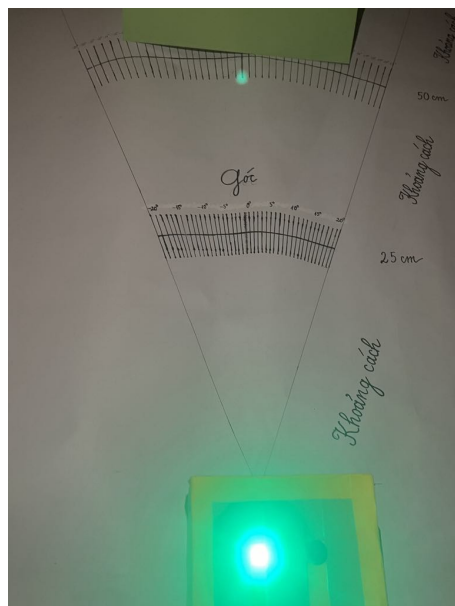
Địa điểm đo:

- Môi trường 1: Phòng C7-812, Đại Học Bách Khoa Hà Nội



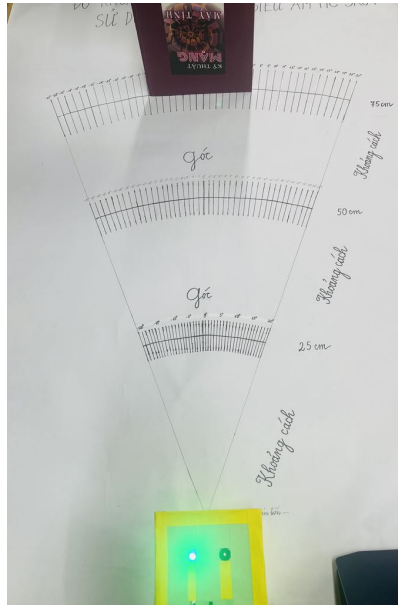
Hình 18: Hình ảnh đo tại môi trường 1

- Môi trường 2: Khuôn viên ngoài trời Đại Học Bách Khoa Hà Nội



Hình 19: Hình ảnh đo tại môi trường 2

- Môi trường 3: Phòng riêng, có sử dụng máy sưởi làm tăng nhiệt độ.



Hình 20: Hình ảnh đo tại môi trường 3

#### Khoảng cách đo:

- Khoảng cách 1: 25cm
- Khoảng cách 2: 50cm
- Khoảng cách 3: 75cm

#### Các bước xử lý sai số cho một đại lượng đo:

**Bước 1:** Tính giá trị trung bình của kết quả đo:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}$$

**Bước 2:** Tính sai số cho từng giá trị đo:

$$\epsilon_i = a_i - \bar{a}$$

**Bước 3:** Tìm hệ số  $\sigma$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2}{n(n-1)}}$$

**Bước 4:** Ghi lại kết quả đại lượng đo:

$$a = \bar{a} \pm 3\sigma$$



## Kết quả đo:

- Môi trường 1

Lần đo	Khoảng cách(cm)			Góc
	25cm	50cm	75cm	
1	25.2	49.8	75.4	14
2	24.9	49.2	75.1	15
3	24.6	50.1	74.9	15
4	25.2	50.2	74.8	14
5	25.1	50.4	75.0	14
6	25.4	49.7	75.2	15
7	24.7	49.8	75.1	16
8	25.0	49.5	74.8	14
9	24.8	50.0	75.3	16
10	25.1	50.1	75.1	16
11	24.6	50.3	75.5	13
12	24.9	50.0	74.9	13
13	24.7	49.8	75.0	15
14	25.4	50.1	75.2	16
15	25.1	49.9	74.7	14
16	25.4	49.9	74.9	16
17	25.5	50.3	75.2	14
18	25.1	50.5	75.4	16
19	24.9	50.2	75.2	16
20	25.0	49.6	74.5	16
21	24.8	49.8	74.5	16
22	25.2	50.1	74.6	15
23	25.2	49.7	74.8	16
24	24.9	49.5	74.7	16
25	24.5	49.6	75.3	16
26	24.8	50.0	75.0	13
27	25.2	49.8	74.8	14
28	25.4	50.1	75.1	16
29	25.0	50.2	75.0	15
Trung bình	25.0	49.9	75.0	15
$\sigma$	0.050	0.056	0.049	0.037

- Môi trường 2

Lần đo	Khoảng cách(cm)			Góc
	25cm	50cm	75cm	
1	26.8	49.1	75.0	19
2	26.2	50.1	75.1	17
3	25.2	47.2	73.5	13
4	23.3	47.4	74.9	17
5	25.3	50.6	74.9	18
6	25.1	48.2	77.7	19
7	23.1	48.7	76.2	13
8	25.7	50.8	76.5	19
9	26.1	51.0	76.5	14
10	23.6	50.3	77.0	14
11	25.9	47.5	75.6	17
12	23.5	52.4	73.5	17
13	26.9	50.2	76.6	15
14	23.9	48.7	73.3	15
15	23.5	49.4	73.0	18
16	26.9	51.1	73.3	15
17	25.9	48.5	75.3	15
18	23.1	50.1	77.1	15
19	26.3	51.7	72.9	16
20	26.5	48.9	72.1	16
21	26.4	48.9	73.5	19
22	25.2	51.6	73.3	13
23	26.6	50.2	73.8	19
24	23.1	52.7	77.2	17
25	26.0	51.9	74.8	13
26	26.8	50.2	77.1	14
27	24.9	47.1	76.0	15
28	25.2	47.3	76.2	16
29	26.8	47.2	73.8	14
Trung bình	25.3	49.6	75.0	16
$\sigma$	0.248	0.310	0.297	0.378

- Môi trường 3

Lần đo	Khoảng cách(cm)			Góc
	25cm	50cm	75cm	
1	27.3	46.7	72.9	12
2	22.8	48.1	78.1	12
3	25.4	46.9	73.9	20
4	27.9	43.3	71.9	14
5	22.7	44.2	78.3	16
6	27.9	46.8	71.5	16
7	24.3	43.4	74.9	12
8	25.0	51.4	78.2	13
9	25.7	49.0	74.8	15
10	27.4	51.2	75.7	17
11	27.9	48.1	77.7	21
12	26.9	53.0	72.2	17
13	22.2	45.1	74.1	13
14	27.8	50.8	78.8	18
15	24.6	42.1	72.8	19
16	27.8	49.0	72.8	17
17	24.0	53.8	71.1	12
18	22.9	51.8	72.6	21
19	26.4	50.5	73.0	12
20	24.0	48.0	71.7	18
21	26.3	52.1	72.2	15
22	25.9	51.0	72.9	17
23	23.0	44.9	75.4	15
24	28.0	51.6	75.6	18
25	23.4	43.8	77.3	19
26	27.3	47.1	75.5	14
27	24.9	52.2	74.6	20
28	26.4	45.2	75.7	13
29	22.5	42.8	76.5	21
Trung bình	25.5	48.1	74.6	16
$\sigma$	0.365	0.643	0.431	0.564

### Kết quả cuối cùng:

- Môi trường 1:
  - Khoảng cách 25cm:  $l_1 = 25.0 \pm 0.2(cm)$
  - Khoảng cách 50cm:  $l_2 = 49.9 \pm 0.2(cm)$
  - Khoảng cách 75cm:  $l_3 = 75.0 \pm 0.1(cm)$
  - Góc:  $\theta = 15 \pm 0(^{\circ})$
- Môi trường 2:
  - Khoảng cách 25cm:  $l_1 = 25.3 \pm 0.7(cm)$
  - Khoảng cách 50cm:  $l_2 = 49.6 \pm 0.9(cm)$
  - Khoảng cách 75cm:  $l_3 = 75.0 \pm 0.9(cm)$
  - Góc:  $\theta = 16 \pm 1(^{\circ})$
- Môi trường 3:
  - Khoảng cách 25cm:  $l_1 = 25.5 \pm 1.1(cm)$
  - Khoảng cách 50cm:  $l_2 = 48.1 \pm 1.9(cm)$
  - Khoảng cách 75cm:  $l_3 = 74.6 \pm 1.3(cm)$
  - Góc:  $\theta = 16 \pm 2(^{\circ})$

**Nhận xét và đánh giá:** Dựa trên thông số kỹ thuật và kết quả đo của cảm biến siêu âm HC-SR04 trong các môi trường khác nhau, nhóm chúng em xin rút ra một vài nhận xét và đánh giá dựa trên các tiêu chí như sau:

- Khoảng cách đo:
  - Khoảng cách đo thực tế: 2cm đến 80cm.
  - Kết quả đo trong các môi trường khác nhau cho thấy cảm biến có độ chính xác cao, với sự chênh lệch nhỏ so với giá trị thực tế.
- Độ chính xác: Độ chính xác của cảm biến là 3mm, nhưng kết quả đo trong các môi trường chỉ chênh lệch một lượng rất nhỏ so với giá trị thực tế, cho thấy độ chính xác tốt.
- Góc đo:
  - Góc đo được bao phủ là dưới  $15^{\circ}$ .
  - Kết quả đo trong các môi trường cho thấy góc đo thay đổi nhỏ, tuy nhiên, không vượt quá  $2^{\circ}$  so với giá trị kỳ vọng.
- Môi trường ổn định: Trong môi trường 1, cảm biến đưa ra kết quả đo ổn định với độ chênh lệch nhỏ. Môi trường ổn định giúp cảm biến hoạt động hiệu quả và đáng tin cậy.
- Môi trường không ổn định: Trong môi trường 2 và 3, có sự gia tăng nhỏ về độ chênh lệch, có thể được giải thích bởi sự thay đổi của môi trường đã tác động lên sóng siêu âm, từ đó khiến hoạt động của cảm biến siêu âm trở nên không ổn định và sai lệch.
- Độ ổn định của góc đo: Góc đo trong các môi trường thay đổi nhưng không vượt quá giới hạn chấp nhận được, giữ cho độ ổn định.

Như vậy, cảm biến siêu âm HC-SR04 có hiệu suất tốt trong việc đo khoảng cách trong khoảng từ 2cm đến 80cm, độ chính xác cao và ổn định trong môi trường ổn định. Tuy nhiên, khi sử dụng cảm biến siêu âm trong môi trường không ổn định thì hoạt động của cảm biến sẽ bị ảnh hưởng và xuất hiện sai số lớn hơn.

**Phương án cải tiến và hạn chế sai số:** Nhóm chúng em đề xuất một số giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của môi trường đến chất lượng hoạt động của cảm biến và giảm thiểu sai số:

- Kiểm thử các linh kiện trước khi sử dụng.
- Sử dụng thêm các cảm biến nhiệt độ và độ ẩm để tăng cường độ chính xác của dữ liệu đầu vào.
- Tạo môi trường đo khép kín, sử dụng các vật liệu chống ẩm, chống nhiệt để tránh ảnh hưởng từ bên ngoài vào linh kiện và giữ cho môi trường bên trong sản phẩm được ổn định.

## 5 Kết luận

Trong quá trình thực hiện đề tài về "Đo khoảng cách và góc bao phủ sử dụng cảm biến siêu âm HC-SR04", chúng em đã có những trải nghiệm thú vị và đạt được những kết quả nhất định.

Qua bài tập lớn lần này, chúng em đã thành công trong việc triển khai cảm biến siêu âm HC-SR04 để đo khoảng cách cũng như kiểm tra mức độ bao phủ của sóng siêu âm với độ chính xác cao và đáng tin cậy. Cảm biến đã chứng minh khả năng ổn định và đáng tin cậy, phục vụ hiệu quả trong các ứng dụng thực tế.

Tuy nhiên, chúng em cũng nhận thấy rõ được những ảnh hưởng của môi trường đến chất lượng hoạt động của cảm biến trong quá trình đo đạc. Từ đó chúng em có những nhận xét, đánh giá và đề xuất các phương án cải thiện hoạt động và giảm thiểu tác động của các yếu tố bên ngoài đến cảm biến.

Chúng em hy vọng rằng dự án này sẽ góp phần làm giàu kiến thức và là nền tảng cho dự án tiếp theo về cảm biến siêu âm trong các ứng dụng thực tế.

Chúng em xin chân thành cảm ơn cô Nguyễn Thúy Anh đã tận tình giảng dạy và củng cố các kiến thức của môn học để chúng em có thể hoàn thành bài tập lớn này. Trong quá trình làm Bài tập lớn chắc chắn chúng em sẽ gặp phải các sai sót, kính mong cô có thể góp ý, chỉnh sửa để nhóm hoàn thiện bài tập và có thêm kinh nghiệm trong các sản phẩm về sau.

## Tài liệu tham khảo

- PGS. Vũ Quý Điền, Giáo trình “Cơ sở đo lường điện tử”
- Hướng dẫn sử dụng và lập trình Arduino Uno
- Hướng dẫn sử dụng cảm biến siêu âm HC-SR04